

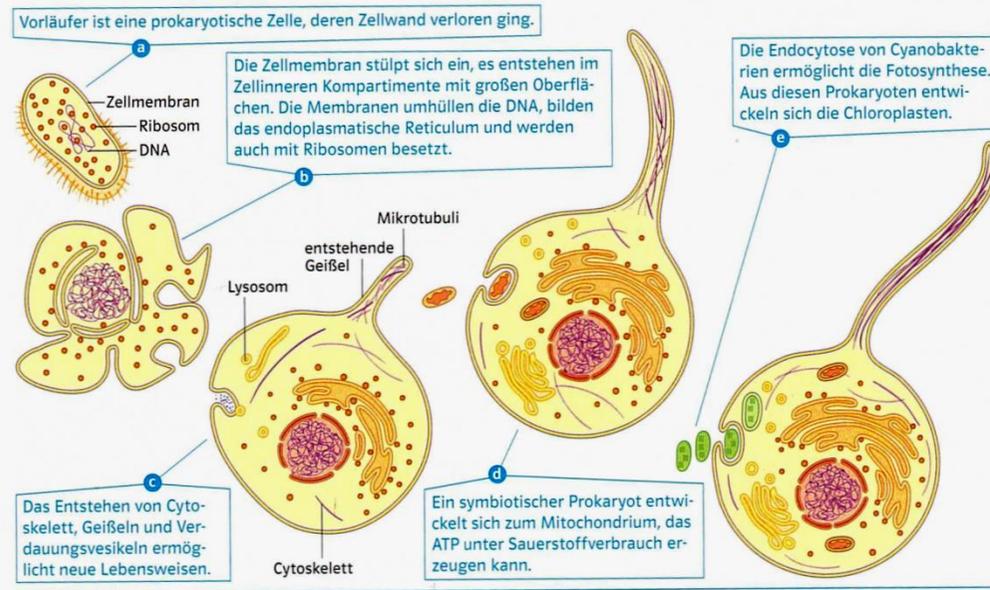
11.19 Entstehung von Eukaryoten und Endosymbiontenhypothese

Arbeitsauftrag: Beantworten Sie die nachfolgenden Fragen mithilfe des Informationstextes und dem Film Zellorganellen – Die Endosymbiontentheorie

(<https://www.youtube.com/watch?v=9LTMDLdSL98>).

Ein weiteres Schlüsselereignis des Präkambriums ist die Entstehung der eukaryotischen Zelle. Zunächst war diese vermutlich noch recht einfach gebaut (→ Abb. 1). Bei ihr fehlte wohl die charakteristische, steife Zellwand der Prokaryoten **a**. Dadurch konnte sich die Zellmembran einstülpen und im Zellinneren membranumhüllte Räume bilden.*

Diese umgaben auch die DNA, was zur Bildung von Kern und Kernhülle führte **b**. Aus den membranumhüllten Räumen im Cytoplasma ging das endoplasmatische Reticulum hervor. Mit der zusätzlichen Entwicklung von Cytoskelettfilamenten, Verdauungsvesikeln und Geißeln entstand eine Zelle, die in der Lage war, eine räuberische Lebensweise



1 Hypothetische Entstehung der eukaryotischen Zelle mit mehreren Endocytose-Ereignissen.

zu führen **e**. Sie konnte andere Mikroorganismen einkapseln und verdauen (Endocytose, → 2.6 und → 3.7). Man geht davon aus, dass manche dieser aufgenommenen Prokaryoten am Leben geblieben sind und sich ihrer neuen Umgebung – dem Zellinneren ihres Räubers – angepasst haben. Was sich hier zunächst wie Parasitismus anhört, hat in seltenen Fällen eine intensive Zusammenarbeit ergeben. Das intrazelluläre Bakterium hat Leistungen geboten, die für die Wirtszelle von Vorteil waren. Umgekehrt hat der Wirt Schutz geboten und Nährstoffe geliefert, die ihm ohnehin reichlich zur Verfügung standen. So bildete sich die Grundlage für eine *Symbiose* (→ 23.5). Je länger eine solche Beziehung andauert, umso höher wird die gegenseitige Abhängigkeit und Spezialisierung in die jeweiligen Rollen. Das herausragende Beispiel – so weiß man heute – sind die Mitochondrien, die wichtige Organellen jeder eukaryotischen Zelle sind **d**.

Für diese **Endosymbiontenhypothese** spricht die Tatsache, dass Mitochondrien eine doppelte statt einfache Zellmembran haben, eine Folge der Einkapselung. Außerdem haben Mitochondrien ihr eigenes Genom, vermehren sich wie Bakterien im Cytoplasma und zeigen eine Fülle von molekularen Ähnlichkeiten mit bestimmten Prokaryoten. Auf ähnliche Weise sind fotosynthetisierende eukaryotische Zellen zu ihren Chloroplasten gekommen: Die Einkapselung von Cyanobakterien machte es möglich **e**. Spannend an dieser Geschichte ist, dass sie immer wieder stattfindet, auch heute. Viele Organismen haben intrazelluläre Bakterien, die mal eher parasitische, mal eher symbiotische Eigenschaften besitzen. Mal ist die Beziehung unabhängig, mal ist sie eher optional und nur von kurzer Dauer. Die „Untermieter“ müssen aber keine Prokaryoten sein. Riffbildende Steinkorallen, manche Meeresschnecken und Mördermuscheln besitzen intrazelluläre

Eukaryoten. Es sind einzellige Algen (Zooxanthellen, → 22.1), die über Fotosynthese organische Substanzen für ihren Wirt produzieren. Damit liefern sie z. B. einem Korallenpolypen bis zu 90% des Energiebedarfs. Er stellt dafür Schutz und anorganische Mineralstoffe bereit. Anders gesagt: Manche Tiere haben sich mit Solarzellen ausgestattet (→ S. 78).

Obwohl die Endosymbiontenhypothese keineswegs alle Details erklärt, sind die Belege mehr als überzeugend. Weitere molekulargenetische Untersuchungen werden die Entstehung der eukaryotischen Zelle immer genauer enträtseln. Eine der größten Schwierigkeiten wird dabei durch den *horizontalen Gentransfer* verursacht (→ Abb. 1, S. 287): Viele Mikroorganismen und Endosymbionten haben im Laufe der Evolution direkt Gene miteinander und mit dem Wirtszellkern ausgetauscht. Dadurch tauchen in den betroffenen Arten plötzlich Gene auf, die von anderen Arten stammen. Dies macht eine Rekonstruktion der Verwandtschaft, der letzten gemeinsamen Vorfahren und des Alters dieser Formen viel schwerer.*

Der Vorfahre der eukaryotischen Zelle war wohl ein Archaea, denn die Kern-DNA der Eukaryoten zeigt eine engere Verwandtschaft mit dieser Gruppe der Prokaryoten als mit den „eigentlichen“ Bakterien. Konsequenterweise werden von den drei Domänen des Lebens die Archaea und Eukarya als näher verwandt eingestuft (→ Abb. 1, S. 287).

Das Präkambrium endete mit dem Ediacarium (vor 635 bis 543 Millionen Jahren). Hier, auf dem Höhepunkt der Einzeller, hatte sich aufgrund des erneut gestiegenen O₂-Gehalts (→ Abb. 2, S. 287) eine einzigartige Fauna entwickelt, die durch teils riesige Einzeller und uns fremdartig erscheinende Vielzeller gekennzeichnet war. Da diese weiche Körper besaßen, sind sie fossil aber nur selten erhalten geblieben.

1. Erklären Sie stichpunktartig die **Entstehung des Zellkerns** und die **Entstehung der Zellorganellen Mitochondrien und Chloroplasten**
2. Skizzieren Sie die **Endosymbiose eines photoautotrophen Cyanobakteriums** in eine eukaryotische Vorläuferzelle.
3. Nennen Sie **mehrere Belege für die Endosymbiontentheorie**
4. Überlegen Sie eine **alternative Hypothese zur Entstehung des Zellkerns**.